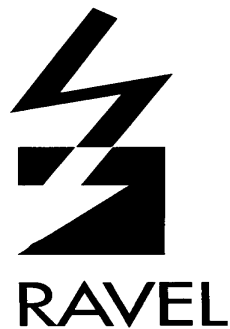


1992 724.397.31.56 D

Materialien zu RAVEL

Möglichkeiten der Wärmerück- gewinnung

Viktor Kyburz
Robert Brunner



Ressort 31:
Wärme (WKK, WP, WRG)

Bundesamt für Konjunkturfragen

Adressen:

Herausgeber: Bundesamt für Konjunkturfragen (BfK)
Belpstrasse 53
3003 Bern
Tel.: 031/61 21 39
Fax: 031/61 20 57

Geschäftsstelle: RAVEL
c/o Amstein+Walthert AG
Leutschenbachstrasse 45
8050 Zürich
Tel.: 01/305 91 11
Fax: 01/305 92 14

Ressortleiter: Hans Rudolf
Gabathuler Gabathuler AG
Kirchgasse 23
8253 Diessenhofen
Tel.: 053/37 41 01

Autoren: Viktor Kyburz
Robert Brunner
Dr. Brunner & Partner AG
Industriestrasse 5
5432 Neuenhof
Tel.: 056/86 61 66
Fax: 056/86 61 69

Diese Studie gehört zu einer Reihe von Untersuchungen, welche zu Handen des Impulsprogrammes RAVEL von Dritten erarbeitet wurde. Das Bundesamt für Konjunkturfragen und die von ihm eingesetzte Programmleitung geben die vorliegende Studie zur Veröffentlichung frei. Die inhaltliche Verantwortung liegt bei den Autoren und der zuständigen Ressortleitung.

Copyright Bundesamt für Konjunkturfragen 3003 Bern, September 1992
Auszugweiser Nachdruck unter Quellenangabe erlaubt. Zu beziehen bei der Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, Bern (Best. Nr. 724.397.31.56 D)

Form. 724.397.31.56 D

9.92 500

RAVEL - Materialien zu RAVEL

Materialien zu RAVEL

Möglichkeiten der Wärmerückgewinnung

Viktor Kyburz
Robert Brunner



Impulsprogramm RAVEL
RAVEL - **Materialien** zu RAVEL

Bundesamt für Konjunkturfragen

Inhaltsverzeichnis

	Seite	
1	ZUSAMMENFASSUNG	5
2.	EINLEITUNG	6
2.1	Zielsetzung	6
2.2	Vorgehen	6
3.	KOMFORT- UND PROZESS-ENERGIEVERBRAUCH IN DER SCHWEIZ	7
3.1	Einleitung	7
3.2	Haustechnik und Dienstleistungen (Komfortbereich)	7
3.3	Gewerbe und Industrie (Prozessbereich)	9
3.3.1	EINLEITUNG	9
3.3.2	METALL- UND MASCHINEN-INDUSTRIE	13
3.3.3	ELEKTRO-GROSSVERBRAUCHER INDUSTRIE	18
3.3.4	CHEMIE	21
3.3.5	TELEKOMMUNIKATION	23
3.4	Aufteilung der Prozesse nach Temperaturen	24
3.5	Bemerkungen bezüglich WRG-Einsatz im Bereich Industrie	29
4.	AUSWAHL VON ANLAGENBEISPIELEN	30
4.1	Übersicht über die einzelnen Branchen	30
5.	MERKPUNKTE ZUR WRG-PLANUNG	32
5.1	Einleitung	32
5.2	Auswahl der technischen Lösung	33
5.3	WRG-Kennzahlen	34
5.4	Planungsablauf / Systemwahl	35
6.	EMPFEHLUNGEN FÜR DIE FOLGEPROJEKTE	38
6.1	Bemerkungen zum Untersuchungsprojekt 31.52	38
6.2	Entwurf: Inhaltsverzeichnis für das Umsetzungsprojekt 31.03	39
7.	LITERATURLISTE	40

MÖGLICHKEITEN DER WÄRMERÜCKGEWINNUNG

1. ZUSAMMENFASSUNG

Das vorgezogene Kleinprojekt "Möglichkeiten der Wärmerückgewinnung" hat zum Ziel, aus der Fülle der technischen Realisationen, für die Sektoren «Dienstleistung, Industrie und Haustechnik» relevante, möglichst allgemeingültige Beispiele und Methoden zu identifizieren. Die Wärmerückgewinnung (WRG) weist einen stark interdisziplinären Charakter auf. Neben einem gemeinsamen Nenner, - Transport.von sensibler / latenter Wärme -, spielen die spartenspezifischen Randbedingungen eine ebenso grosse Rolle, die die jeweils getroffene Lösung nachhaltig beeinflussen.

Aufgrund von Energieverbrauchswerten wurden Untersuchungen im Gebiet des rationellen Energieeinsatzes folgender Sparten herangezogen:

- * Dienstleistung und Haustechnik allgemein
- * Metall- und Maschinen-Industrie
- * Chemie

Da das Zahlenmaterial (Kapitel 3 + 4) aus verschiedenen Quellen stammt und unterschiedlich strukturiert ist, sind Quervergleiche nur bedingt möglich.

Die WRG-Möglichkeiten dürfen nie losgelöst, sondern immer nur im Zusammenhang mit den andern, quasi in «Konkurrenz» stehenden Sparmassnahmen, betrachtet werden.

Im Bereich Dienstleistung und Haustechnik hat sich der konsequente Einsatz (vor allem bei der Raumluftechnik) von WRG etabliert. Es wird dabei meistens Wärme gespart, eine grössere Einsparung von Elektrizität ist eher selten. Im Bereich Industrie sind die Anwendungen in der Metall- und Maschinen-Industrie mit der Aufteilung zwei Drittel Prozessenergie zu einem Drittel Komfortenergie interessant. Die angewandten thermischen Verfahren besitzen ein beträchtliches WRG-Potential. In der Chemie wird der Energieverbrauch durch die Grossunternehmen bestimmt. Batchbetrieb und begrenzte Produktelebensdauer erschweren WRG-Anwendungen wegen der wechselnden Betriebsbedingungen.

Trocknungsverfahren und thermische Trennverfahren sind als Abwärmequellen zur Einspeisung in Wassererwärmungsanlagen, Heizungen und Nahwärmenetze interessant.

Die industriellen Prozesse lassen sich über alle Sparten hinweg nach Prozesstemperatur-Niveau und Energieaufwand einteilen. In einem weiteren Kapitel wird über die verschiedenen Branchen nach Abwärmenutzungstechniken und Abwärmequellen strukturiert.

Bei der Planung von WRG-Anlagen, die im Rahmen eines rationellen Energieeinsatzes nicht an der Front stehen, muss schrittweise vorgegangen werden. Eine Checkliste soll auf eine eventuelle Anwendung hinweisen.

Als Planungshilfsmittel soll das Handbuch "Planung von Wärmerückgewinnungsanlagen", dessen Inhaltsverzeichnis als Entwurf wiedergegeben wird, dienen.

2. EINLEITUNG

2.1 Zielsetzung

Das Ziel dieses vorgezogenen Kleinprojektes ist es, Vorabklärungen für WRG-Anwendungen in den Bereichen Haustechnik, Dienstleistungen, Gewerbe und Industrie durchzuführen. Diese können etwa wie folgt zusammengefasst werden:

* lohnende Anwendungsgebiete für obige Bereiche

* Erfahrungen aus ausgeführte Projekten

Entwurf einer Checkliste für erste WRG-Abklärungen

Hinweise auf den Inhalt des Handbuchs "Planung von WRG-Anlagen"

2.2 Vorgehen

Anhand einer umfangreichen Literaturrecherche wurde versucht, eine Strukturierung vorzunehmen. Es zeigte sich, dass Dokumente zum Themenkomplex Wärmerückgewinnung bezüglich Quantität und Qualität unterschiedlich sind.

Im Industriebereich werden vielfältige Prozesse, und dementsprechend auch viele Lösungsmöglichkeiten zur WRG, angetroffen. Um von diesem überreichen Angebot nicht erschlagen zu werden, wurden Schwerpunkte bezüglich Branchen und Prozesse herausgearbeitet.

Die tiefere Analyse einzelner Prozesse und der angewandten WRG-Techniken erfolgt in einem späteren Zeitpunkt. bei der Erarbeitung didaktischer Beispiele für das WRG-Handbuch in Zusammenarbeit mit den Praktikern.

In Form einer Checkliste werden wichtige Planungskriterien dargestellt. Im Kapitel 6 sind einige Erkenntnisse und entsprechende Vorschläge für die Folgeprojekte zu finden.

3. KOMFORT- UND PROZESS-ENERGIEVERBRAUCH IN DER SCHWEIZ

3.1 Einleitung

In diesem Kapitel wird versucht, die generellen Energie-Sparmöglichkeiten im Zusammenhang mit Wärmerückgewinnung und rationellem Einsatz von Elektrizität aufzuzeigen. Im Bereich Industrie und Gewerbe ist es hilfreich und notwendig, einige strukturelle Eigenheiten der Prozess- bzw. Verfahrenstechniken bezüglich Energieeinsatz und -verbrauch zu verdeutlichen. Die Gebietsaufteilung ist wie folgt:

- * Dienstleistung und Haustechnik allgemein
- * Metall- und Maschinen-Industrie.
- * Chemie
- * Elektro-Grossverbraucher Industrie
- * Telekommunikation

3.2 Haustechnik und Dienstleistungen (Komfortbereich)

Im Gegensatz zur Industrie, wo Energie im Moment aus Kostengründen eine eher untergeordnete Rolle spielt, ist die Situation im Komfortbereich anders. Hier ist die Energie, die eine bestimmte Aufgabe zu erfüllen hat, das eigentliche Produkt.

Um die üblichen Einsatzmöglichkeiten und den Stellenwert der Wärmerückgewinnung aufzuzeigen, wurden im folgenden wichtige Sparmassnahmen bzw. -Potentiale beim Einsatz von Elektrizität aufgelistet (unvollständige Liste).

Heizung (Elektro)

- * Verminderung des Energieverbrauches (- Sanierung Bauhülle)
- * Verminderung der Verteilungsverluste (Wärmedämmung, Regelung etc.)
- * Einsatz von Elektro-Wärmepumpen oder andern rationellen Heizsystemen
- * vernünftiger Einsatz von «Heizöfen»
- * Ofenabwärme von Bäckereien

Lüftungs- und Klimaanlageanlagen

- * Reduktion der Luftmengen (Drehzahl, Betriebsstufe etc.)
- * Anpassen der Antriebsmotoren
- * Anpassen der Betriebsweise nach Bedarf (Stufe, Betriebszeiten)
- * konsequenter Einbau von WRG-Anlagen (Umluftbetrieb, rekuperativ und regenerativ WT)
- * Freie Kühlung bzw. free cooling Anlagen

Klima- und Gewerbe-Kälte

* Nutzung der Kondensator-Abwärme (z.B. für WW) Überdimensionierung der Kompressoren vermeiden Kälte nicht mit Fremdwärme «vernichten» (z.B. Produktkühlung) Bau von Eisspeicheranlagen

Hilfsenergie Heizung

- * zentrale Heizungssysteme vorsehen
- * Sanierung Heizzentrale (Ersatz Umwälzpumpen und Regelgeräte)
- * Einsatz von Schaltuhren und Drehzahlregulierung für Umwälzpumpen prüfen

Beleuchtung

- * Einsatz von Energiesparlampen mit elektronischen Vorschaltgeräten
- * Einsatz von Schaltuhren, Steuer- und Regelgeräten (z.B. Lagerräume)
- * Tageslichtnutzung

Warmwasser

- * Wärmedämmung des Warmwasserspeichers
- * Reduktion der Speichertemperatur
- * Verminderung der Zirkulationsmenge und -dauer
- * WRG-Möglichkeit im Abwasser prüfen
- * zentrale oder dezentrale WW-Aufbereitung
- * WRG-Einsatz bei Schwimmbadwasser

Geräte (inkl. Kochen u. Waschen)

- * Betriebszeiten reduzieren
- * alte mangelhafte Geräte ersetzen
- * Kriterium Energieverbrauch bei Gerätewahl berücksichtigen (auf gute Wärmedämmung achten)
- * bei Abwaschmaschinen interne WRG verlangen
- * Thumbler durch Freilufttrocknung ersetzen

Lifte / Transportanlagen

- * Benützung des Personen- anstatt des Warenliftes
- * bei grossen Antriebsmotoren WRG-Möglichkeit prüfen * alte Anlagen erneuern

Bei all diesen Sparmöglichkeiten fällt auf, dass beim Einsatz von Elektrizität praktisch nie Abwärme entsteht, die nicht schon durch eine vorgängig aufgeführte WRG-Anwendung genutzt würde. Meistens wird ursprünglich elektrische Energie durch folgende WRG-Anwendungen wieder rückgeführt:

- * Raum- und Leuchtenabwärme durch Umluftbetrieb oder WT in Abluft/Zuluft
- * dito bei hohen internen Lasten z.B. EDV etc.
- * bei der Kälteerzeugung durch Nutzung der Kondensatorabwärme (z.B. für WW-Erwärmung).

Die meiste Abwärme von Apparaten und Geräten kann im Komfortbereich mit WRG-Raumlufttechnik elegant wiederverwendet werden. Dies trifft insbesondere für moderne Büro-, Verwaltungs- oder Verkaufsräume zu.

3.3 Gewerbe und Industrie (Prozessbereich)

In diesem Kapitel sind Informationen aus mehreren Quellen enthalten. Diese Quellen unterscheiden sich bezüglich Zeitpunkt des Erscheinens und Zielsetzung. Es ist deshalb bei Vergleichen und Schlussfolgerungen Vorsicht geboten. Die Quellenangaben sind jeweils aufgeführt.

3.3.1 EINLEITUNG

In Prozessen des Industrie- oder Gewerbebereiches hat die Energie einen anderen Stellenwert als im Komfortbereich. Bei der Herstellung eines Produktes sind neben energetischen Einflussgrössen zusätzlich eine Reihe anderer Faktoren für den Produktpreis bzw. die Wirtschaftlichkeit eines Verfahrens massgebend. Daraus folgt einerseits, dass bei vielen Gütern der energetisch bedingte Kostenanteil im Fertigprodukt meistens klein ist. Energiepreisänderungen haben daher nur einen gedämpften Einfluss auf den Produktpreis. Andererseits existieren eine Reihe von Verfahren, die energieintensiv sind. Diese können gut als Einheit betrachtet werden. Eine nähere Prüfung der einzelnen Prozessketten auf rationelleren Energieeinsatz wäre interessant, ist aber nicht die primäre Aufgabe dieser Untersuchung. Für den Industrie- und Gewerbebereich gelten folgende Zusammenhänge [EGES-S2]:

Energie für mech. Arbeit (Antriebe) + Energie für Prozesse = Energie für Produktion
Energie für Produktion + Komfortenergie = gesamter Energieverbrauch

Für WRG-Anwendungen interessiert in erster Linie der Anteil der Prozessenergie in Form von Wärme.

Gemäss einer Umfrage in [BEW-S15] wurden in der Schweiz im Jahre 1980 für Prozesse bis 300 °C ca. 38 % oder 27200 TJ/a verbraucht. Die restliche Energie wurde für Prozesse mit höherer Temperatur benötigt. Die Prozessenergie hatte einen Anteil von 66 % am industriellen Gesamtenergiebedarf, welcher 138000 TJ betrug.

bersicht über die Industriezweige der Schweiz

In [BEW-S15] werden die einzelnen Industriezweige strukturiert und aufgeteilt, um das mit Sonnenenergie (bzw.

mit ansprechender Solartechnik) erreichbare Energiepotential zu bestimmen. Zu diesem Zweck wurden in jedem Industriezweig die einzelnen Prozesse eruiert und nach Temperaturniveaus unterteilt.

Wir finden, dass solche Kenntnisse im Hinblick auf eine vermehrte WRG-Anwendung nützlich sind und darum als Zusammenfassung wiedergegeben werden. Eine Darstellung folgt in Kapitel 3.4. Die Aufteilung der Industriezweige ist wie folgt:

Maschinen- und Metall-Industrie

Baumaterialproduktion

Textil, Leder- und Schuh-Industrie

Papier- und Kartonherstellung

Chemische Industrie

Nahrungsmittelindustrie

INDUSTRIEZWEIG:	darin enthaltene Branchen
1. MASCHINEN- und METALL-INDUSTRIE	Maschinenindustrie Armaturenfabrikation Blechwaren Eisenverarbeitung Aluminium Metallwaren
2. BAUMATERIALPRODUKTION	Ziegel und Stein Zement, Kalk, Gips Keramik Glas
3. TEXTIL, LEDER, SCHUH-INDUSTRIE	Textil Textilveredlung Seide, Wolle, Garn Schuhe, Leder Gerbereien
4. PAPIER UND KARTON-HERSTELLUNG	Papier / Karton
5. CHEMISCHE INDUSTRIE	Chemie Pharma Kunststoffe Lacke / Farben Seifen und Waschmittel Düngemittel Galvanisieren Kosmetik Leim Öle und Fette
6. NAHRUNGSMITTELINDUSTRIE	Brauerei Schokolade Milchprodukte Tabak und Zigarren Getränke Käse Schachtelkäse Teigwaren Bäckerei und Konditorei Eierproduktion Essiggärung Liköre und Spirituosen Metzgereien Speisefette Konfiserie Suppen Geflügel Futtermittel Kühlanlagen

Bild 1: Industriezweige der Schweiz mit nennenswertem Prozessenergieanteil, Quelle: [BEW-S15]

Vergleich der Prozessenergien

Um ein grobes Mass für das vorhandene WRG-Potential zu erhalten, können die Prozessenergien betrachtet werden. Angaben für die sechs Industriezweige Stand 1980 und 1985 sind in Bild 2 zu sehen.

	Branche	Prozess-Energieverbrauch				
		1980	Anteil in	1985	Anteil in	Zuwachs in
		TJ/a	%	TJ/a	%	%
1	Maschinen- u. Metallindustrie	20700	23	17900	20	-14
2	Baumaterialproduktion	19400	21	20400	23	5
3	Textil, Leder, Schuh-Industrie	3500	4	3200	4	-9
4	Papier- und Kartonherstellung	9800	11	9900	11	1
5	Chemische Industrie	16200	18	15500	17	-4
6	Nahrungsmittelindustrie	2900	3	4100	5	41
7	andere 1)	18000	20	18000	20	0
	Summe	90500	100	89000	100	-2

1) nicht durch [BEW-S 15] abgedeckt (-> Schätzung)

(C:\RAVEL\EXCEL\PROZESS3.XLS)

Bild 2: Aufteilung der Prozessenergien für 1985 und 1980, Quelle: [EVK] + [BEW-S15]

In den Zweigen 1 und 5 sind die Verbräuche innert 5 Jahren gefallen. Genau umgekehrt verhielten sich die Zweige 2 und 6, bei denen der Verbrauch deutlich anstieg. Es darf angenommen werden, dass dies mit Strukturveränderungen und verbesserter Energienutzung zusammenhängt.

Aufgrund des Zahlenmaterials in der Literatur darf vermutet werden, dass Einsparungen mittels Wärmerückgewinnung und anderen Techniken möglich sind. Dies wird im Folgenden für die Maschinen- und Metallindustrie bzw. Chemie aufgezeigt.

Typischer Wärmefluss in einem Industriebetrieb

Im typischen Industriebetrieb wird zur Versorgung der einzelnen Prozesse Dampf mit verschiedenem Druck vom zentralen Kesselhaus geliefert. Oft wird auch das Warmwasser mittels Dampf via Umformer erwärmt. Wenn die gesamte Frischdampfmenge nur bei einer Temperatur erzeugt wird, besteht energetisch eine schlechte Situation. Die niedrigen Temperaturniveaus müssen dann mit Umformern erzeugt werden (schlechte Ausnutzung der Exergie).

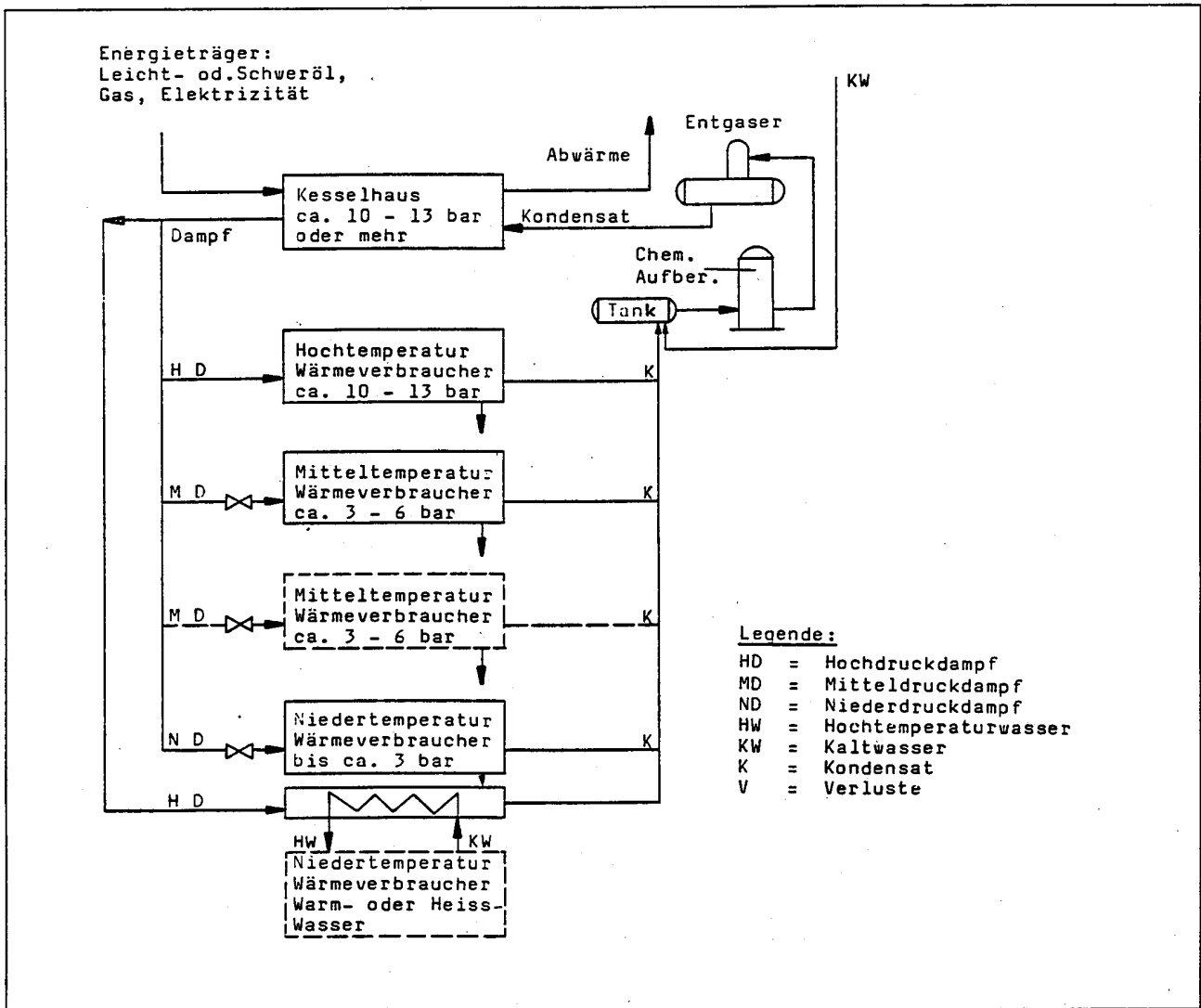


Bild 3: Typischer Wärmefluss in einem Industriebetrieb mit konventioneller Wärmeversorgung, Quelle: [BEW-S 15]

3.3.2 METALL- UND MASCHINEN-INDUSTRIE

Der Zweig «Metall- und Maschinenindustrie» ist bezüglich Prozessenergieverbrauch hinter dem Zweig «Baumaterial» der zweitgrösste Konsument (Bild 2).

Aufteilung des Energieverbrauches nach Anwendungsarten und Energieträgern für 1985

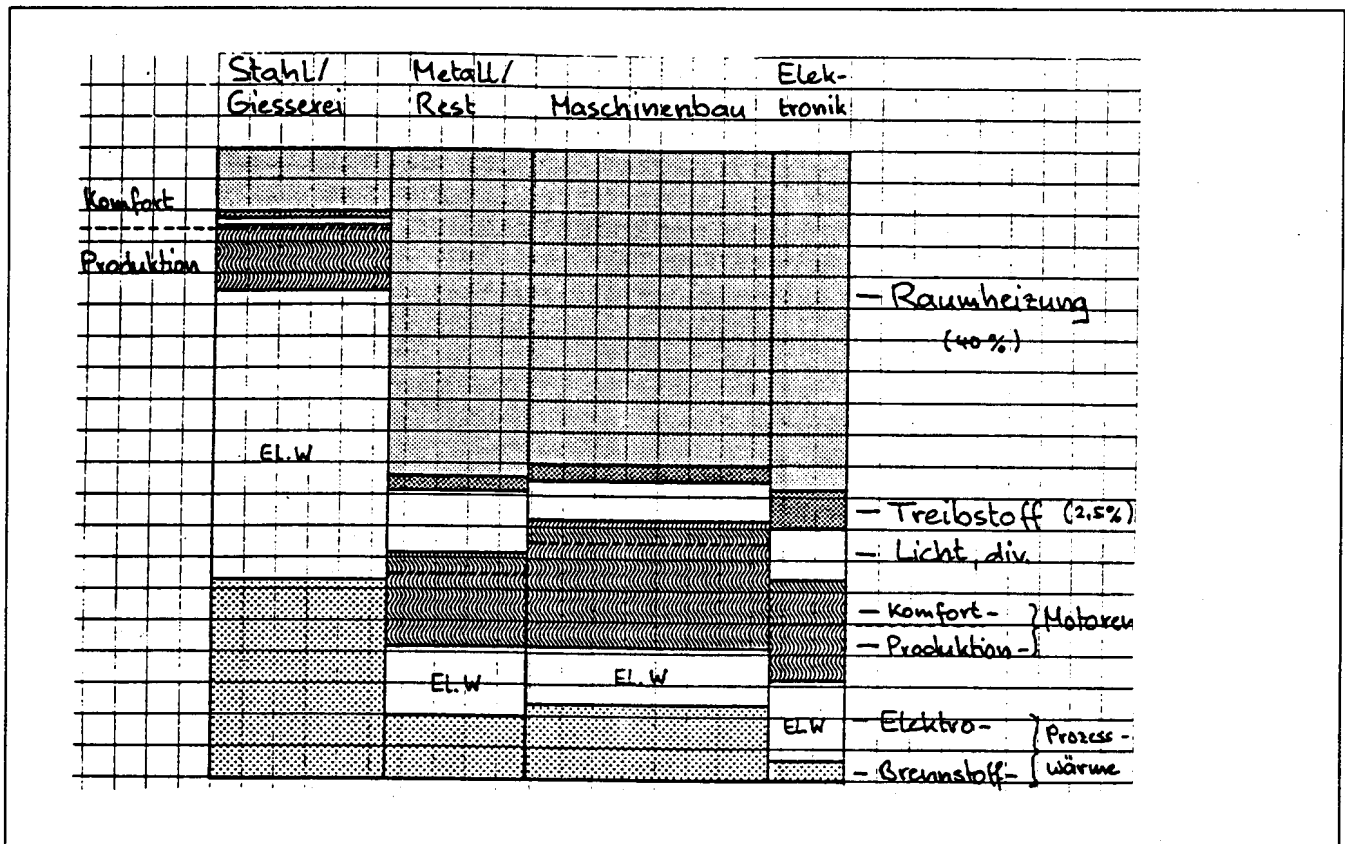


Bild 4: Energieverbrauch nach Anwendungsarten und Energieträgern für 1985 (die Breite der Säule zeigt den Branchenverbrauch an - die Säulenhöhe die prozentualen Anteile), Quelle: [EGES-S2]

Aus Bild 4 lässt sich zusammenfassen:

- * der Anteil der Komfortenergie, im speziellen der Raumwärme, ist hoch
- * beim Balken "Stahl/Giesserei" fällt der hohe Prozentsatz an elektrischer Prozesswärme auf
- * der Elektrizitätsanteil für mechanische Arbeit (Produktion Motoren) ist in allen Branchen etwa gleich

Produktionsenergien 1985 nach Bild 4 in Zahlen ausgedrückt QUELLE: [EGES-S2]:

Branche	Energie tot.	%-Elektr.
• Giessereien/Stahl	7000 TJ/a	63 %
• Metall Rest	2200 TJ/a	70 %
• Maschinenbau (inkl. Elektr. Masch.)	4400 TJ/a	69 %
• Electronics	900 TJ/a	88 %
Produktionsenergie total	14500 TJ/a	67 %
Gesamtenergieverbrauch (Produktion + Komfort)	30000 TJ/a	

Energieverbrauch nach Produktionsverfahren

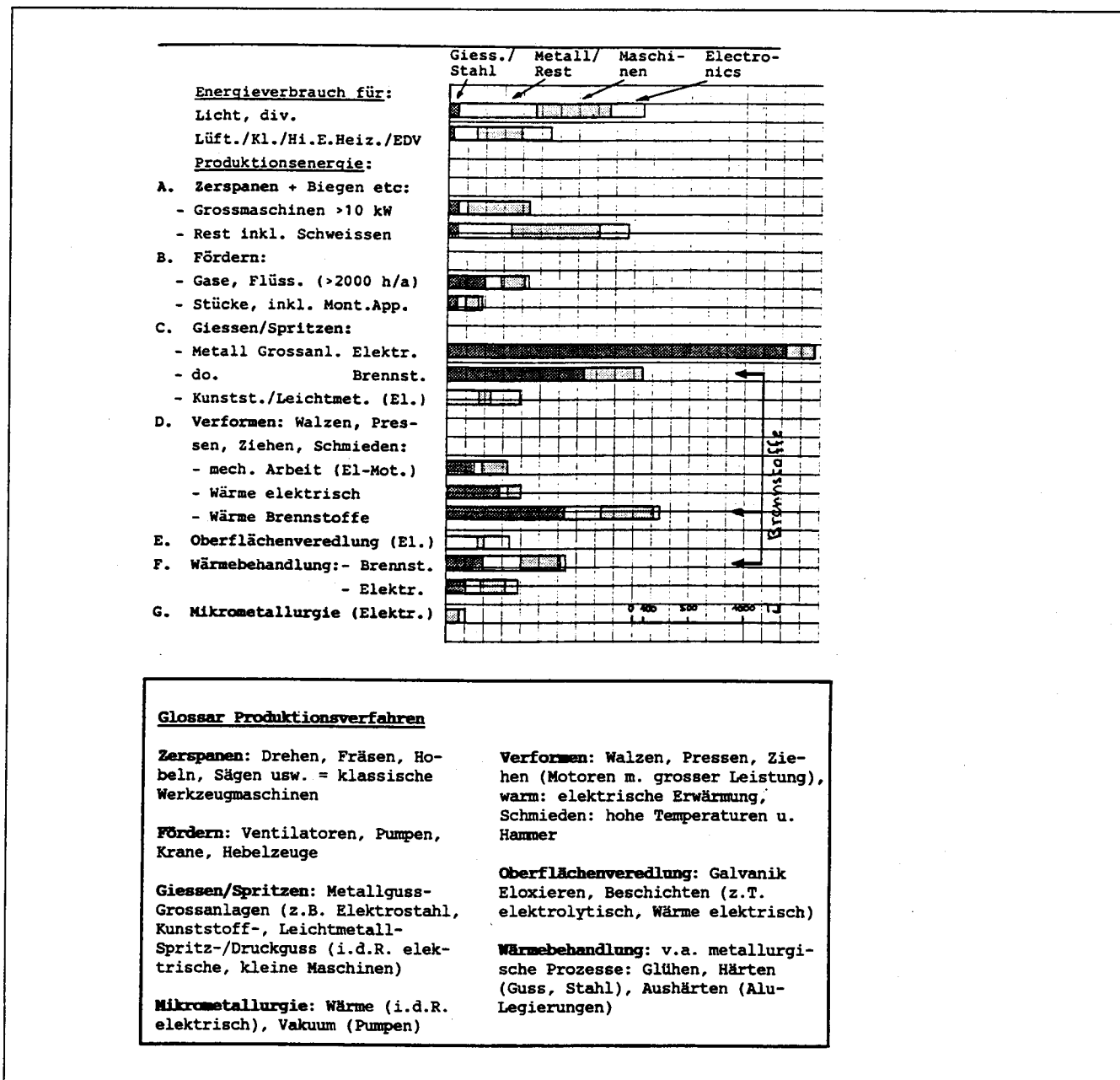


Bild 5: Energieverbrauch 1985 nach Produktionsverfahren, Quelle: [EGES-S2]

Auffallend in Bild 5 ist wiederum der hohe Elektrizitäts- und Brennstoffverbrauch für Giessen und Spritzen. Weiter sind bezüglich Elektrizität die Verfahren Giessen/Spritzen von Kunststoffen und Leichtmetallen, das Verformen von Metallen sowie die Wärmebehandlung von Bedeutung.

Energiesparpotentiale - existierende Sparmassnahmen
Möglichkeiten zur Einsparung von Prozessenergie:

Massnahmen mit kleinem Investitionsaufwand:

- * effizientere Verbrennung (Abgasklappen, Kontrolle des Luftüberschusses, Übergang zu Gasverbrennung etc.)
- * besseres Zeitmanagement
- * besserer Unterhalt der Produktionsanlagen
- * bessere Wärmedämmung (isolieren von Armaturen, Rohren, Apparaten etc.)
- * Verringerung von Abfällen

Massnahmen mit grösserem Investitionsaufwand:

- * Austausch von Kesselanlagen
- * Einbau von WRG-Anlagen (Einspeisung in den Prozess oder in den Komfortbereich)

Neben den Möglichkeiten zur Einsparung von Prozessenergie existieren Massnahmen zur Einsparung von mechanischer Energie:

- * optimale Antriebsart (Motortyp, Getriebe, Kraftübertragung)
- * optimale Dimensionierung von Mediumsförderanlagen sowie der Antriebsmotoren
- * Zeitmanagement (Hilfseinrichtungen nach Bedarf steuern, Auslastung erhöhen, vollautomatischer Betrieb (keine Pufferung))
- * Drehzahlregelung
- * rekuperierend bremsen
- * effiziente Motoren
- * Gleichstrommotoren bürstenlos
- * Kompensation des Cosinus-Phi
- * reibungsarme Lagerungen
- * bessere Bewegungstechniken

Sparpotentiale nach Produktionsverfahren QUELLE: [EGES-S2]

• Zerspanen		30 - 60 %
• Fördern (Gase u. Flüssigkeiten)		bis 50 %
• Giessen/Spritzen (durch WRG)		bis 50 %
• Verformen		
- Warmwalzen, Pressen, Ziehen	durch WRG etc.	beträchtlich
- Schmieden	durch WRG etc.	gross
• Oberflächenbehandlung	in Grossanlagen	gross
• Wärmebehandlung		siehe Verformen
• Mikrometallurgie		schwer abschätzbar

Sparpotentiale Elektrizität nach Teilbranchen QUELLE: [EGES-S2]

Nach Aussagen der Autoren ist nur wenig Wärme direkt in den Prozess rückführbar. Demgegenüber ist es aber möglich den heizwirksamen Anteil je nach Branche von im Moment 5 - 20 % durch verbesserte Regelung zu verdoppeln.

	ökonomisch	technisch
• Giessereien/Stahl	7 %	13 %
• Metall Rest	9 %	24 %
• Maschinenbau (inkl. Elektr. Masch.)	9 %	20 %
• Electronics	8 %	22 %

3.3.3 ELEKTRO-GROSSVERBRAUCHER INDUSTRIE

Im Bereich industrielle Elektrogrossverbraucher wurden in den Studien [SPRENG-86], [SPRENG-87] Aussagen gemacht. Es wird festgestellt, dass schon früh auf verbesserte Energienutzung geachtet wurde und demzufolge das Sparpotential grösstenteils ausgeschöpft sei. Dies deckt sich mit statistischen Angaben bezüglich Produktionsenergie (s. Bild 2).

Gleichwohl darf angenommen werden, dass das Sparpotential noch nicht ausgeschöpft ist, wenn in Zukunft zu den marktwirtschaftlichen Planungskriterien von früher, ökologische und energetische Aspekte hinzukommen.

Im Folgenden soll an einem Beispiel die Wirksamkeit von rationellem Energieeinsatz gezeigt werden.

Beispiel- Aluminium-Presslinien

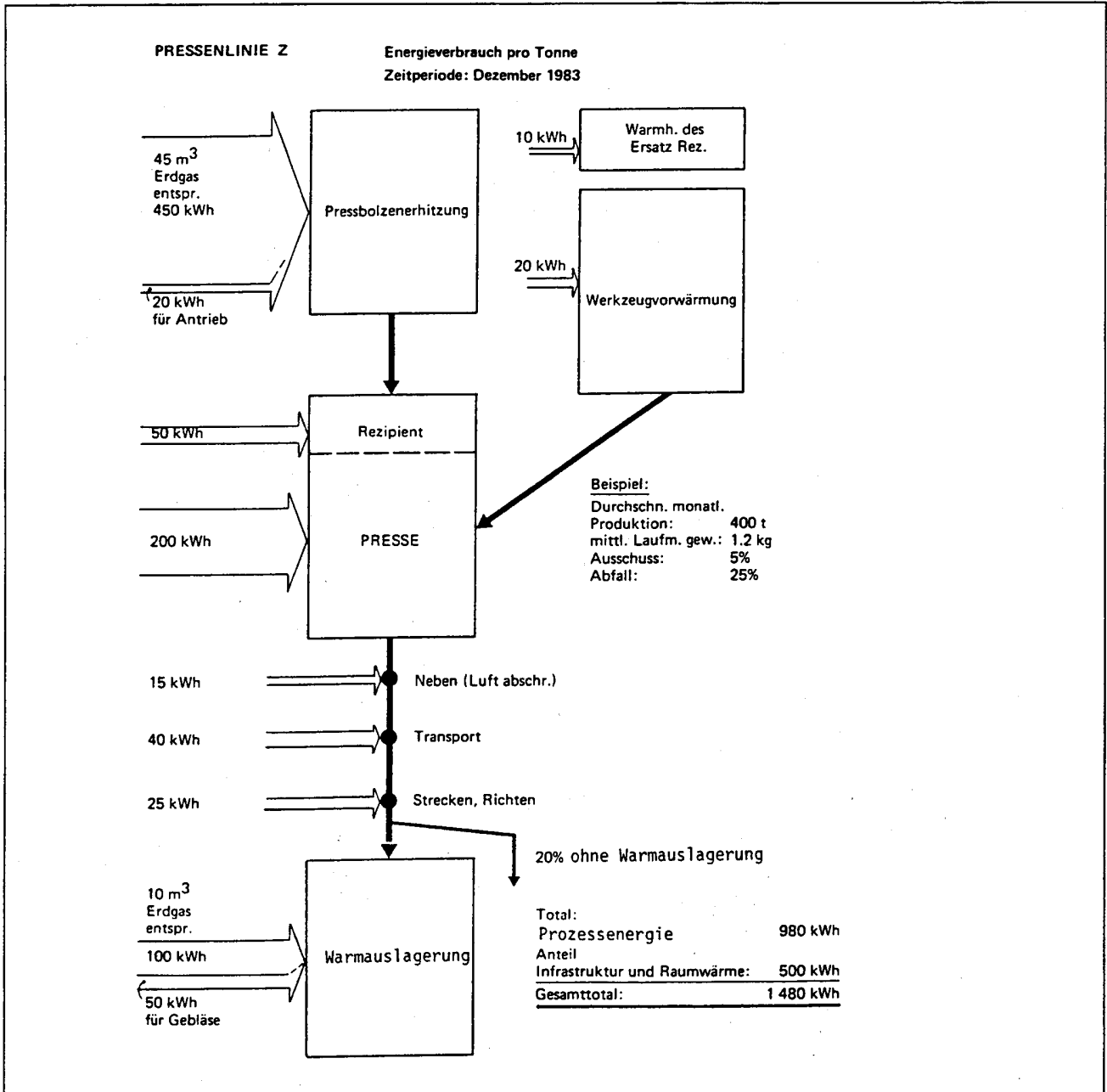


Bild 6: Energieverbrauch einer effizient betriebenen Presslinie, Quelle: [SPRENG-86]

Energieverbrauch für Aluminium-Presslinien

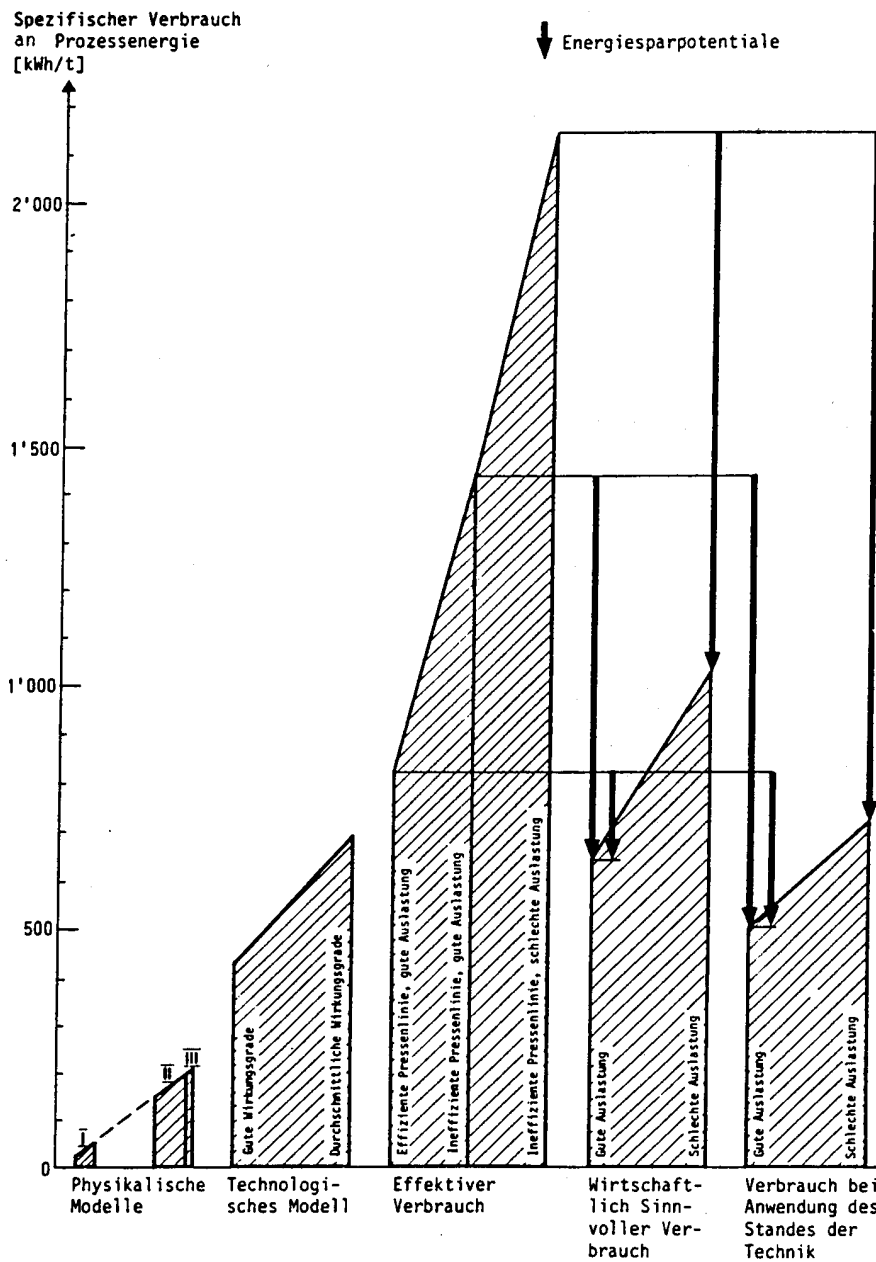


Bild 7. Energieverbrauch für Aluminium-Presslinien, Quelle: [SPRENG-86]

Bild 7 verdeutlicht sehr schön die einzelnen Stufen des Energieeinsatzes. Ausgehend vom effektiven Verbrauch (Säule in der Mitte) ist links davon der optimale technologisch bedingte Verbrauch aufgetragen. Rein physikalisch notwendig ist nur der kleinste Teil davon (I. Säule links). Der wirtschaftliche Verbrauch liegt z.T. weit unter dem effektiven Verbrauch. Grössten Einfluss hat eindeutig die Umwandlung der Energie (Wirkungsgrad) und die Auslastung einer Presslinie. Die erzielbaren Energiesparpotentiale sind enorm (Säulen rechts). Weiter kann gesagt werden:

* die spez. Energie pro Produktionseinheit variiert bis Faktor 3

* die Einsparungen werden erreicht durch:

- Wirkungsgradverbesserungen
- betriebliche Massnahmen wie Zeitmanagement

WRG-Möglichkeiten im Sinne der vorliegenden Arbeit wurden von Spreng nicht untersucht!

3.3.4 CHEMIE

Quellen: [EGES-A9]+[EGES-S2]

Aufteilung der wertmässigen Produktion nach Sparten:

(Beschäftigte Personen total 77000)

* Pharma, Aroma, Riechstoffe	45%
* Farbstoffe	15%
* chemische Grund- u. Zwischenprodukte	10%
* Agroprodukte	10%
* Chemiefaser und Kunststoffe	5%
* Seifen und Waschmittel	5%
* chemische Hilfsmittel, Farben, Lacke	5%
* übrige Chemikalien	5%

In jeder Teilbranche werden einige 1 00 Produkte hergestellt. Die Lebensdauer einzelner Produkte beträgt üblicherweise zwischen einigen Monaten und einigen Jahren. Zur Herstellung jedes Produktes werden mehrere Produktionsstufen benötigt, bei der Feinchemie bis zu 100!

Ca. 80 % des Energiebedarfs der chemischen Industrie werden in den 5 grössten Chemiekonzernen umgesetzt.

Elektrizität wird für Prozesse und mechanische Antriebe (Elektromotoren) eingesetzt. In den letzten 10 Jahren wurden keine nennenswerten Sparmassnahmen eingeleitet. (Ausnahme bei Elektrolyse)

Produktionsstrukturen

Die schweizerischen Produktionsanlagen sind im Gegensatz zu ausländischen, welche mehr grosstechnische Prozesse beinhalten geeignet, verschiedene Produkte herzustellen. Man findet nur wenige kontinuierliche Produktionslinien; die meisten Produkte werden chargenweise hergestellt.

Der spezifische Energieverbrauch variiert zwischen einzelnen Produkten und/oder Verfahren sehr stark. So wird z.B. für ein einzelnes Verfahren ein Drittel des Prozessstromes benötigt (Elektrolyse!).

Einen grossen Anteil am Prozesswärmebedarf beanspruchen die Verfahren Trocknung (insbesondere Sprühtrocknung) und thermische Trennung (Destillation/Rektifikation), bei denen ein relativ grosses Sparpotential besteht (WRG, Brüdenkompression).

Aufteilung des Prozessenergieverbrauches 1985

Branche	Energie tot.	%-Elektr.
• Pharma, Aroma, Riechstoffe	4200 TJ	35 %
• Chemische allgemein	13200 TJ	25 %
• Seifen und Waschmittel	300 TJ	59 %
• Chemiefaser und Kunststoffe	2500 TJ	34 %
Chemische Industrie total	20200 TJ	37 %

Vergleich man den Prozessenergieverbrauch für 1985 nach Bild 2 so stellt man grosse Unterschiede fest! Der Anteil der Elektrizität betrug ca. 37 %, Tendenz steigend.

Einsparungen an Prozesswärme und Elektrizität zwischen 1975 - 85 (produktebezogen)

	Wärme (%)	Elektrizität (%)
• Pharma, Aroma, Riechstoffe	15	1
• Chemische allgemein	21	0
• Seifen und Waschmittel	41	0
• Chemiefaser und Kunststoffe	45	0
Chemische Industrie total (gewichteter Durchschnitt)	22	0

Unausgenutztes technisches Sparpotential an Prozesswärme und -elektrizität

(ohne Nutzung des Abwärmepotentials, des Übergangs auf Biotechnologie, der Einführung von effizienteren Motoren und neuen Technologien)

	Wärme (%)	Elektrizität (%)
• Pharma, Aroma, Riechstoffe	18	9
• Chemische allgemein	21	5

Ressort 31

RAVEL

• Seifen und Waschmittel	5	0
• Chemiefaser und Kunststoffe	5	0
<hr/>		
Chemische Industrie total (gewichteter Durchschnitt)	18	5

Unausgenutztes technisches Sparpotential durch Abwärmenutzung

• Frischwassererwärmung	intern	10 %
• Rückführung in Prozesse (Wärmepumpen, Brüdenkompression)	intern	5 %
• Gebäudeheizungen	extern	24 %
• Fernheizungen	extern	10 %
<hr/>		
technisch nutzbare Prozessabwärme total		49 %

Existierende Sparmassnahmen

effizientere und richtig dimensionierte Motoren

Einsatz von statischen Umformern bei grossen Motoren (ab P = 50 kW) besseres Zeitmanagement höhere Auslastung der Chargen bessere Wartung/Unterhalt der Produktionsanlagen bessere Wärmedämmung der Armaturen, Rohrleitungen und Apparate Austausch alter Anlagekomponenten
 Einsatz von WRG alleine oder mittels WP Reduktion der Raumluftechnik

Erzeugung der Prozesswärme und -elektrizität mittels WKK

3.3.5 TELEKOMMUNIKATION

In den Bereich Telekommunikation fallen unter anderem die Telefonzentralen der PTT. Durch einen Kontakt zu einem ehemaligen Mitarbeiter der PTT haben wir erfahren, dass viel Abwärme in Telefonzentralen entsteht.

Ein neue Anlage mit mehreren tausend Anschlüssen (Standard) weist ca. 20-30 kW Abwärmeleistung auf, wenn pro Anschluss 5 W Verlust anfallen. In der gesamten Schweiz sind ca. 3 Mio. Anschlüsse vorhanden, was einer Wärmeleistung von rund 15 MW entspricht. Da diese Abwärme nicht intern genutzt werden kann, bieten sich die Wohnbauten in der Nähe als Verbraucher an. In Anlagen mit Kälteerzeugung wäre zudem die Temperatur der Abwärme relativ hoch.

3.4 Aufteilung der Prozesse nach Temperaturen

Ein informative Untersuchung [BEW-S15] wurde vor rund 10 Jahren durch das BEW veranlasst. In ihr sind die wichtigsten Verfahren der Industrie nach Prozesstemperaturen gegliedert. Es zeigte sich, dass 38% der Prozessenergie für Verfahren unterhalb von 300 °C eingesetzt werden. Die Verbräuche pro Verfahren variieren sehr stark (siehe Bild 14).

1 Maschinen- und Metallindustrie

Temp. (°C)	bis 50	50-90	90-150	150-300	über 300
Schmelzen					X
Trocknung allg.			X	X	
Trocknen von Lackierungen			X		
Reinigen		X	X		
Erwärmung von Beizbädern		X	X		
Farbspritzen		X			
Druckgussherstellung					X
Formheizung			X	X	
Thermoplast-Schmelze					X
Behandlungsbäder		X			
Lackieren				X	
Industr.Klimatisation			X		
Kaschieren				X	
Phosphatieren		X			
u.s.w.					

Bild 8: Verfahren im Bereich Maschinen- und Metallindustrie

2 Baumaterialproduktion

Temp. (°C)	bis 50	50-90	90-150	150-300	über 300
Brennen					X
Klinkbrennen					X
Sinterung					X
Formgebung			X		
Trocknung			X		X
u.s.w.					

Bild 9: Verfahren im Bereich Baumaterialproduktion

3 Textil, Leder und Schuhindustrie

Temp. (°C)	bis 50	50-90	90-150	150-300	über 300
Färben		X			
Waschen		X			
Trocknen			X	X	
Erhitzen von Wasser und Chemikalien		X	X	X	
Stofferwärmung		X	X		
Pressdämpfung				X	
Sauerreinigung		X			
Alkalireinigung		X			
Auswaschen		X			
Thermosolfärben				X	
Sengen					X
Garndämpfen			X		
Garnfärben				X	
Fixieren			X		
Extrudieren				X	
Bleichen			X		
Schlichten			X		
Dämpfen			X		
Wollefärben		X			
u.s.w.					

Bild 10: Verfahren im Bereich Textil, Leder und Schuhindustrie
4 Papier und Kartonherstellung

Temp. (°C)	bis 50	50-90	90-150	150-300	über 300
Pulper			X		
Kreppzylinder			X		
Calorifier			X		
Hauber				X	
Trockner			X		
Nachtrockner			X		
u.s.w.					

Bild 11: Verfahren im Bereich Papier und Kartonherstellung

5 Chemische Industrie

Temp. (°C):	bis 50	50-90	90-150	150-300	über 300
Destillation			X		
Eindampfung			X		
Konzentration				X	X
Trocknung			X	X	
Aufwärmung von Chemikalien		X	X	X	X
Reaktionen			X	X	X
Absorptionen		X	X	X	X
Desorptionen		X	X	X	X
Extraktionen		X	X	X	X
Rektifikationen		X	X	X	X
Vulkanisation			X		
Pressen (Duroplast)				X	
Extrusion				X	
Thermoplast-Spritzguss			X	X	
Vakuumentrocknung		X	X		
Kalandrieren				X	
Plattenpressen				X	
Polymerisation				X	
Spinnanlagen			X		
Prozessklimaanlagen			X		
Tankheizung		X			
Sprühtrocknung					X
Badbeheizung (Galvanik)		X	X		
Schmelzen			X	X	X
Phosphatierung		X			
Farbtrocknung		X			
u.s.w.					

Bild 12: Verfahren im Bereich Chemische Industrie

6 Nahrungsmittelindustrie

Temp. (°C)	bis 50	50-90	90-150	150-300	über 300
Pasteurisation		X	X		
Uperisation			X		
Trocknung			X	X	X
Aufwärmung von Fl.	X	X			
Sprühtrocknung				X	
Sterilisation			X		
Gefriertrocknung				X	
Entkoffeinierung			X		
Malzen			X		
Hydrolyse			X		
Vakuumentrocknung			X		
Extraktion			X	X	
Rösten			X	X	
Agglomeration			X		
Eindampfung			X		
Kristallisation	X	X			
LSCP-Behandlung			X		
Thermo-Bakikator			X		
Fettschmelzen		X	X		
Desodorierung			X	X	
Tankbeheizung	X	X			
Reinigungswasser	X	X			
Absorptionskühlung				X	
Kochen			X	X	
Leitungsaufwärmung	X				
Brühen			X		
Separieren		X			
Homogenisieren		X			
UHT-Erhitzung			X		
Rahmreifung	X				
Käseerhitzung	X				
Schmelzen			X		
Befeuchtung			X		
Prozessdampf			X	X	X
Biersieden			X	X	
Maischen		X			
Neutralisation			X		
Bleichung			X		
Mischen			X		
Geflügelzucht (JH)	X				
Bruteierproduktion	X				

Bild 13: Verfahren im Bereich Nahrungsmittelindustrie

Gesamtübersicht

Branche	(Stand 1980)	Prozessenenergieverbrauch												Gesamtenergie	
		0-50 °C		50-90 °C		90-150 °C		150-300 °C		über 300 °C		total	Prozesse		
		TJ/a	%	TJ/a	%	TJ/a	%	TJ/a	%	TJ/a	%	TJ/a	in %		
1	Maschinen- u. Metallindustrie	0	0	170	1	170	1	100	0	20300	98	20740	39300	53	
2	Baumaterialproduktion	0	0	0	0	340	2	0	0	19100	98	19440	21300	91	
3	Textil, Leder, Schuh-Industrie	0	0	380	11	850	24	1670	48	600	17	3500	9500	37	
4	Papier- und Kartonherstellung	0	0	0	0	3200	33	5560	57	1000	10	9760	13100	75	
5	Chemische Industrie	0	0	800	5	7000	43	4180	26	4200	26	16180	25600	63	
6	Nahrungsmittelindustrie	150	5	530	18	1850	64	270	9	100	3	2900	5500	53	
7	andere 1)	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	18000	23700	76	
	Summe	150	0	1880	2	13410	15	11780	13	45300	50	90520	138000	66	

1) nicht durch [BEW-S 15] abgedeckt (-> Schätzung)

Branche	(Stand 1980)	Jahres-Energieverbrauch pro Prozess										total	
		0-50 °C		50-90 °C		90-150 °C		150-300 °C		über 300 °C		TJ / Proz	Anz.
		TJ / Proz	***	TJ / Proz	***	TJ / Proz	***	TJ / Proz	***	TJ / Proz	***	TJ / Proz	Anz.
1	Maschinen- u. Metallindustrie	0	***	34	5	28	6	25	4	6767	3	1152	18
2	Baumaterialproduktion	0	***	0	0	170	2	0	0	4775	4	3240	6
3	Textil, Leder, Schuh-Industrie	0	***	48	8	106	8	278	6	600	1	152	23
4	Papier- und Kartonherstellung	0	***	0	0	640	5	5560	1	???	?	1627	6
5	Chemische Industrie	0	***	80	10	438	16	299	14	467	9	330	49
6	Nahrungsmittelindustrie	17	9	59	9	71	26	27	10	50	2	52	56

*** Anzahl der einzelnen Verfahren (Spalte)

(C:\RAVEL\EXCEL\PROZESS1.XLS)

Bild 14:
 • Gesamtübersicht über alle Branchen
 • Spez. Energieverbrauch für einen Prozess
 Quelle: [BEW-S15]

3.5 Bemerkungen bezüglich WRG-Einsatz im Bereich Industrie

In den Kapiteln 3.3 bis 3.4 wurden vorwiegend strukturelle Eigenheiten der Bereiche Gewerbe und Industrie beschrieben. Wir finden, dass damit eine Leitlinie gegeben ist und die Weiterarbeit im Rahmen von Ravel erleichtert wird. Allgemeingültige Erkenntnisse betreffend gebietsbezogenem WRG-Einsatz sind daraus nicht zu ziehen. Dazu sind die einzelnen Prozesse und Verfahren zu zahlreich und zu vielfältig. Nur das Studium der einzelnen Prozessketten könnte vorhandene energetische Schwachstellen bzw. WRG-Möglichkeiten aufzeigen. Eine vertiefte Bearbeitung in diesem Sinne wäre sehr zeitaufwendig und ist im Rahmen dieser Untersuchung nicht gegeben.

In der Literatur sind viele ausgeführten WRG-Anlagen beschrieben. Die Anwendungen in der Praxis sind vielfältig und es entsteht der Eindruck, dass mit systematischem Ansatz viele zusätzliche WRG-Anwendungen zu finden wären. Wie die Verteilung von ausgeführten WRG-Anlagen über die einzelnen Branchen verteilt sind, wird im nächsten Kapitel näher dargestellt.

4. AUSWAHL VON ANLAGENBEISPIELEN

4.1 Übersicht über die einzelnen Branchen

Die Verbrauchszahlen der Schweizerischen Gesamtenergiestatistik [SEV/VSE] zeigen, dass die einzelnen Industriezweige sehr unterschiedlich am elektrischen Energieverbrauch beteiligt sind. In der unten aufgeführten Tabelle sind neben dem elektrischen Verbrauch die bei INFOENERGIE dokumentierten Anlagen-Beispiele (ca. 40 Stk.) Es fällt auf, dass die Verteilung sehr inhomogen ist (Lebensmittel 1 1 Anlagen mit rel. kl. Energieverbrauch). Ob dies auf eine unterschiedliche «WRG-Aktivität» zurückzuführen ist, müsste näher abgeklärt werden.

Branche / Zweig	el. Energie 1989		Anl. Beispiele ca. Anzahl*
	in [TJ]	in [%] von Tot.	
Gewerbe, Landwirtschaft, Dienstleistungen			
total	54000	35	5
Industrie			
• Brauereien	220	25	
• Lebensmittel	800	20	11
• Textilindustrie	2300	55	5
Chemiefaser	1700	61	
• Papierindustrie	5300	33	3
Chemie allgemein	8400	35	3
• Waschmittel	100	29	
Glasfabriken	350	17	
• Zement / Kalk	1800	12	3
Ziegel / Steine	300	8	
• Aluminium	5000	80	
Metallwaren	1200	45	5
Bauindustrie	300	29	
total	55000	36	

* Anzahl realisierte und bei INFOENERGIE dokumentierte WRG-Anlagen

Branche	Abwärmennutzungstechniken							Uebrige
	Plattentauscher	Röhrentauscher	Kreislaufverbundsystem	Wärmerohr	Langsamläufer	Schnellläufer	Wärmepumpe	
Steine, Erden		21,32						20
Metallverarbeitung	30	18,27,30					2	
Gesundheitswesen	3						3	
Kunststoffe							14	
Nahrungsmittel	16	7,8,13,16					1,26	4,19
Gastgewerbe		6,29	29	5				
Textilien	23,24	11,25		22				
Chemie	12	15	17					
Elektro		28						
Detailhandel								31
Papier	9,10	33						
Computer							34	
Uebrige								

Bild 15: Übersichtsmatrix. Branchen und Techniken
Quelle: [INFOENERGIE-WRG]

Branchen	Abwärmeequellen							Uebrige
	Abluft	Abwasser	Prozessdampf	Kondensat	Schwaden	Rauch-/Abgase	Kühlwasser	
Steine, Erden						20,21,32		
Metallverarbeitung	2,27,30					18	30	
Gesundheitswesen		3						
Kunststoffe							14	
Nahrungsmittel		8,26	7	16	13	4,13	1,4,16,19	
Gastgewerbe	5,29	6					29	
Textilien	11,22	23			24	25		
Chemie	17			12			15	
Elektro	28							
Detailhandel	31						31	
Papier				33		9,10		
Computer	34							
Uebrige								

Bild 16: Übersichtsmatrix. Branchen und Abwärmeequellen Quelle.- [INFOENERGIE-WRG]

5. MERKPUNKTE ZUR WRG-PLANUNG

5.1 Einleitung

Aus der Physik ist bekannt, dass keine Energie verloren geht, sondern dass sie lediglich umgewandelt wird. So kann z.B. elektrische in thermische Energie oder potentielle in kinetische Energie umgewandelt werden.

Primärenergie ist ein begrenzt zur Verfügung stehendes Gut. Unnötiger Energieverbrauch belastet zudem unsere Umwelt mit Schadstoffen.

Jeder Industrie- oder Gewerbebetrieb steht früher oder später vor der Aufgabe, seinen Energieverbrauch kritisch zu prüfen. Dies ist der Moment, die Möglichkeit der Abwärmenutzung oder Wärmerückgewinnung in Betracht zu ziehen. Die Nutzung der Abwärme senkt den Grundenergiebedarf und auch die Produktionskosten. Weiter werden die Kosten für die Behebung der Umweltschäden reduziert.

Die meisten Betriebe produzieren nutzbare Abwärme. Die Wahl des richtigen Abwärmesystems ist eine technisch anspruchsvolle Aufgabe. Die Beratung durch einen qualifizierten Fachingenieur ist daher sinnvoll.

Bei Sanierungen sollte dieser eine Analyse der bestehenden Anlage, einen Massnahmenkatalog mit Varianten und eine Kosten-/Nutzen-Schätzung erstellen. Dadurch ergeben sich Entscheidungsgrundlagen für den Bauherren, seine Investition optimal einzusetzen und für seinen Betrieb das richtige WRG-System zu finden.

Bevor man aber bauliche Massnahmen trifft, sollte jede Möglichkeit ausgeschöpft werden, um den Energiebedarf zu senken. Dies kann z.B. geschehen durch bessere Wärmedämmung der Gebäudehülle, durch Verbesserung des Wirkungsgrades der Produktionsprozesse oder durch Abstellen unnötiger oder überdimensionierter Kühl- und Klimaanlage. Nicht verbrauchte Energie ist noch einiges billiger als genutzte Abwärme.

Am sinnvollsten wird die Ab- und Überschusswärme genutzt, wenn sie dem Ursprungsprozess zur Wirkungsgradsteigerung wieder zugeführt wird. Diese, oder die Übergabe an andere Verbraucher, stehen nicht immer zur Verfügung, da interne oder externe Abnehmer fehlen oder die Abwärme exergetisch nicht mehr verwertbar ist (z.B. zu tiefe Temperaturen).

Dass die Rückführung in einen Prozess nicht unbedingt mittels Wärmepumpen, Brüdenkompression, Wärmetransformator oder Wärme-Kraft-Kopplung erfolgen muss, zeigt z.B. sehr gut die Raumluftechnik.

Um alle Möglichkeiten eines wirtschaftlichen Wärmerückgewinns zu nutzen, bedarf es eines breitgefächerten Engagements bzw. der Kenntnis einiger wichtiger Gesichtspunkte:

* die Reduktion des Energiebedarfes vermindert die Umweltbelastung proportional und entlastet den Betrieb von Umweltschutzmassnahmen entsprechend

* vor der Wärmerückgewinnung sollen alle andern Möglichkeiten geprüft werden, um dem Prozess (Komfort, Produktion und Fertigung) weniger Energie zuzuführen. Ein diesbezüglicher Erfolg reduziert somit den Aufwand zur Abwärmenutzung.

* Im Gegensatz zu den meisten Umweltschutzmassnahmen bringt die Einsparung von Endenergie ba-

res Geld. Damit können aus den Gewinnen von Investitionen kurzer Amortisationszeiten Massnahmen längerer Amortisationszeit finanziert werden.

- * durch moderne Wärmeintegrationsverfahren lassen sich Energieprozesse durch eine wirtschaftliche Kopplung optimieren
- * In vielen Fällen ergeben sich verfahrenstechnisch erhebliche Vorteile durch die direkte Kopplung von Umweltschutzmassnahmen mit Wärmenutzungstechniken
- * Neben den Amortisationszeiten sollten andere Effekte mitberücksichtigt werden. Durch die bessere Nutzung der Energie können ev. Kesselanlagen stillgelegt, bzw. durch einen kleineren Kessel (z.B. Abfallverbrennung) ersetzt werden. Dadurch würden neben hohen Stillstandsverlusten Kosten zur Abfallentsorgung entfallen.
- * Durch die Reduzierung des Wärmeenergiebedarfes reduzieren sich in der Regel auch die Leistungen der Kühlprozesse. Durch Umstellung auf kühlwasserfreie Trockenkühlsysteme vermindern sich Kühl- und Abwasserkosten.
- * Heute existieren eine grosse Auswahl von Wärmetauschersystemen, Komponenten und Rückgewinnungsanlagen. Auch für hohe Sicherheitsansprüche (Anlagen, Produkte, Umwelt) stehen Systeme zur Verfügung.

5.2 Auswahl der technischen Lösung

In der Praxis ist es meistens unbestritten, dass eine Wärmerückgewinnungsanlage eingebaut werden soll. Kopfzerbrechen bereitet die Frage, welches System und welcher Wirkungsgrad im entsprechenden Fall optimal sind.

Mit Beginn der Massnahmenanalyse ist eine Aufteilung der WRG-Technik nach Anwendung und Kombinationsmöglichkeit sinnvoll. Die Planung sollte sich an ihr orientieren.

- * direkter Wärmeübergang ohne Arbeitsstoff, (Regeneratoren und Rekuperatoren)
- * direkter Wärmeübergang mit Arbeitsstoff, (Regeneratoren)
- * indirekter Wärmeübergang mit Arbeitsstoff, (Kreislaufverbundenes System)
- * Wärmepumpen, Wärmetransformatoren, KWK, ORC-Anlagen etc.

ungeordnete Liste von relevanten Planungskriterien:

- * örtliche, zeitliche qualitative und quantitative Deckung von Wärmeangebot u. Nachfrage (> Abwärmekataster)
- * kurze Transportwege der Energie
- * keine Beeinträchtigung anderer Anlagen im Falle von Störungen
- * Rückführung in den gleichen Prozess oder Wärmeauskopplung zur Verwertung an anderer Stelle
- * Wertigkeit des Abwärmeträgers: Temperaturniveau, Art, Dauer, Menge Transportmediums (Wasser, Luft, Gas etc.)
- * "Wertigkeit des Wärmebezügers": Temperaturniveau, Art, Dauer, Menge Transportmediums (Wasser, Luft, Gas etc.)
- * WRG- oder WP-Anwendung

- * Räumliche Voraussetzungen: Zugänglichkeit, Ausbaumöglichkeit
- * Reinigung, Verschmutzung, Kondensatabfuhr
- * Korrosionsschutz, Einfriergefahr
- * Hilfs- und Nutzenergien — Wärmerückgewinnungsgrad
- * Optimierungsgrösse: Kosten, Energie, Ökologie etc.

weitere wichtige Aspekte sind:

- * Investitionskosten
- * Betriebskosten
- * Betriebsstunden
- * Amortisationszeit
- * Anlagenverfügbarkeit
- * Betriebsweise
- * Selbstreinigungsverfahren Servicefreundlichkeit Druckverlust
- * Verschmutzungsempfindlichkeit Primärenergiebedarf
- * Baukastensystem

- * Nachrüstmöglichkeit
- * Korrosionsbeständigkeit
- * Betriebsstabilität
- * Regelfähigkeit
- * Dichtigkeit
- * Betriebssicherheit
- * einfache Bauweise

Grundsätzlich kann gesagt werden, dass Anlagen mit einem höheren Gesamtnutzungsgrad, höhere Investitionskosten und einen Mehrverbrauch an elektrischer Energie für Pumpen und Ventilatoren bewirken.

5.3 WRG-Kennzahlen

Die allgemein bekannten Kennzahlen «Rückwärmezahl», «Rückfeuchtezahl» ([SWKI-89-1] + ([VDI-2071]) sind bei genauer Betrachtung nur beschränkt gültig. Sie sind dann anwendbar, wenn es darum geht, die mit einem WRG-System erreichbare Reduzierung der Auslege-Leistungen und des Jahresenergiebedarfes zu berechnen.

Für ungleiche Wärmekapazitäten der Fluidströme bzw. ungleiche Massenströme sind sie nur noch eingeschränkt anwendbar. Völlig ungeeignet sind sie für einen Vergleich mehrerer WRG-Systeme, insbesondere dann, wenn auch der externe Energiebedarf nicht vernachlässigbar klein ist (Optimierung) [WRG-KENN].

Zum externem Energiebedarf sind abhängig vom WRG-System verschiedene Verbraucher zu zählen:

Antriebsenergie von Pumpen, Ventilatoren, Motoren
Zusätzl. Antriebsenergie für vorhandene Zu- und Abluftventilatoren(erhöhte Druckdifferenz!)

5.4 Planungsablauf / Systemwahl

Planungsphasen

- * Phase 0: Vorstudien (Randbedingungen, Laufzeiten, Massenstrom, Energiegesetzgebung, Entscheid WRG ja/nein etc.)
- * Phase 1: Vorprojekt (Wahl des WRG-Systems, Systemoptimierung)
- * Phase 2: Bauprojekt (Dimensionierung der WRG-Systems, Optimierung der wichtigsten Einflussgrößen)
- * Phase 3: Ausführung (Wahl des Fabrikates, Investitions- und Energiekosten)

Ausführliche Abfassung der Phasen 0 - 3:

- * Energiegesetze (z.B. min. Wirkungsgrad)
- * Anlage Konzept

in welcher Form ist die Abwärme vorhanden (Temp., flüssig, gasförmig)
Ist auch Kälte- oder Feuchterückgewinn möglich? (Sommer- Winterbetrieb)

- * Disposition

Welches WRG-Arbeitsprinzip ist bez. Platzbedarf möglich (Rekuperator, Regenerator, WP)
Zugänglichkeit für Wartung/Reinigung

- * Ausführungsart
- * Anforderungen an die Werkstoffe (Temp., Korrosion etc.)
- * Dichtheit
- * Verschmutzung (Filter?)
- * Wärmedämmung
- * Einbauhinweise
- * Anströmgeschwindigkeit
- * Abläufe (Kondensat)
- * Betriebsart

Anlage Betriebszeiten
Konstanz von Energie bzw. Massenstrom
Regulierbarkeit (Drehzahl, Bypass, Kappe, Ventil etc.)

* Zusätzliche Randbedingungen

* Vereisungsgefahr (bei Luft)

* Anfahrzustände

* Was geschieht im Störfall?

* Energieversorgung

* Ist der Energieanfall zeitlich beschränkt? (z.B. wegen Umbau)

* Optimierung

* nach max. Netto-Energierückgewinn

* nach max. finanziellem Gewinn

* Anströmgeschwindigkeit

* Befeuchtung

* Drehzahlregelung sinnvoll?

* Wirtschaftlichkeit

* Wahl der Methode (Pay-back, Kapital-Methode etc.)

* Mehrinvestitionen

* Einsparungen (Installationskosten für E.-Erzeugung + E. Verteilung, Wegfall von Komponenten, z.B. Vorwärmer in RLT-Anlage)

* Wartung und Instandhaltung

Bemerkung: Die «graue Energie» sollte immer kleiner sein, als der Netto-Energierückgewinn während der zu erwartenden Lebensdauer.

* Ausschreibung

* Wichtige Grösse: Jahresnutzungsgrad, ist abhängig von mehreren Grössen; zusätzlich erschwert wird die Berechnung, wenn die Massenströme nicht konstant sind. (siehe auch [SWKI-89-1])

* Abnahme / Garantien

Bei einer Abnahme müssen folgende Punkte kontrolliert werden:

* Lieferumfang

* Ausführungsqualität

* Funktion

* Leistung

Bei Beanstandungen sind in der Regel folgende Abgrenzungen zu beachten:

- * Ingenieur: Planung und Optimierung
- * Unternehmer: Ausführungsqualität, Leistung, Eigenschaften und Funktionen des WRG-Systems
- * Unterdieferant: Materialumfang

6. EMPFEHLUNGEN FÜR DIE FOLGEPROJEKTE

6.1 Bemerkungen zum Untersuchungsprojekt 31.52

Bei der Aufstellung einer WRG-Checkliste sind die nachstehenden Punkte zu beachten und in die Überlegungen einzuarbeiten:

* die Bedeutung und Rangfolge der Wärmerückgewinnung innerhalb einer energetischen Sanierung oder einer Neuplanung; eine WRG gehört klar zu den Massnahmen mit grossem Investitionsaufwand, in einem Neubauprojekt fallen wesentlich tiefere Kosten als im Sanierungsfall an;

* es muss vermieden werden, dass Überlegungen bezüglich Wärmerückgewinnung "abgekapselt" angestellt werden;

* in einer Checkliste müssen neben den theoretischen Punkten auch die Gesichtspunkte des Praktikers berücksichtigt werden;

* WRG-Planung: produktebezogen/ neutrale Planung

* In Prozessen der Industrie hat Energie einen andern Stellenwert als im Komfortbereich WRG-Planung: Energierelevanz-Verfahrens-/Prozesstechnik gegen Haustechnik

* die WRG-Möglichkeiten im Bereich Komfortenergie sind gut bekannt (s. Kap. 3.2) und werden heute verbreitet angewendet, sie werden als Basis für die Aufstellung der Checkliste dienen;

* keine allgemeine Parallelität von hohem Energiesparpotential und WRG-Einsatzpotential; wahrscheinlich ist, dass mit einem Energie-Sparprogramm eine WRG-Anwendung an Bedeutung verliert

* grosse Abwärmen weisen vor allem die Produktionszweige Giessen/Spritzen von Metall- und Kunststoff-Werkstoffen, aber auch Verformen und die Wärmebehandlung von Metallen, auf

* im Bereich Chemie ist bei den Verfahren Trocknung und Trennung mittels Wärmerückgewinnung und Brüdenkompression viel Sparpotential vorhanden

* es wäre falsch nach Bild 14 anhand des spez. Energieverbrauches eines einzelnen Prozesses auf die WRG-Möglichkeiten in einzelnen Branchen zu schliessen. Die Verbrauchszahlen sind sicher ziemlich ungenau; trotzdem könnten die Angaben in Zukunft nützlich sein

* die häufigsten Abwärmequellen sind Abluft, Rauch-/Abgase und Kühlwasser

6.2 Entwurf: Inhaltsverzeichnis für das Umsetzungsprojekt 31.03

- 1 VORWORT
2. INHALTSVERZEICHNIS
3. EINLEITUNG
 - 3.1 Vom Umgang mit der Energie
 - 3.2 Es muss nicht immer Elektrizität sein
 - 3.2.1 RATIONELLER EINSATZ VON ELEKTRIZITÄT (OPTIMALE KOMponentEN)
 - 3.2.2 RESTELEKTRIZITÄTSEINSATZ DURCH WÄRMERÜCKFÜHRUNG
 - 3.2.3 SUBSTITUTION VON ELEKTRIZITÄT ENERGIESYSTEMWECHSEL
 - 3.3 Abgrenzung
4. GRUNDLAGEN DER WRG-TECHNIK
 - 4.1 Was ist WRG?
 - 4.1.1 DEFINITIONEN
 - 4.1.2 KLASSIERUNG DER VERSCHIEDENEN VERFAHREN
5. DIE VERSCHIEDENEN WRG-SYSTEME
 - 5.1 Beschreibung der Komponenten und der Funktion
 - 5.2 Die Kenngrößen von WRG-Systemen.
 - 5.3 Die WRG als Teil eines Gesamtenergiesystems
 - 5.4 Auslegungskriterien für WRG-Anlagen
 - 5.4.1 PROZESS-/VERFAHRENSTECHNIK-KOMPONENTEN
 - 5.5 Optimierung von WRG-Anlagen in Systemen
 - 5.5.1 RANDBEDINGUNGEN
 - 5.6 Regelungskriterien
 - 5.7 Ökologische Betrachtungen
6. FALLBEISPIELE AUS DER PRAXIS
 - 6.1 RLT-Anwendung
 - 6.1.1 ERZIELTE ELEKTRIZITÄTSEINSPARUNG
 - 6.2 VT-Anwendung
 - 6.2.1 ENERGIEOPTIMALE MEHRFACHNUTZUNG DER ABWÄRME
7. WRG-PLANUNG
 - 7.1 Allgemeine Kriterien für den Einsatz der WRG
 - 7.1.1 IDENTIFIKATION VON ANWENDUNGEN (CHECKLISTE)
 - 7.1.2 ÜBERSCHLAGSRECHNUNGEN
 - 7.2 WRG in verschiedenen technischen Sparten
 - 7.2.1 WAS MUSS AN DEN SPARTENGRENZEN BEKANNT SEIN?
 - 7.2.2 UNVOLLSTÄNDIGE LISTE VON RANDBEDINGUNGEN
 - 7.3 Wirtschaftlichkeit
 - 7.4 Fallbeispiel
8. LITERATUR
9. ANHANG

7. LITERATURLISTE

[ASUE] Rationelle Energieanwendung im Industriebetrieb, Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch (ASUE), Schriftenreihe-ASUE Nr. 5, Vulkan Verlag Essen, 1980, (ETHZ-Bib. Best.-Nr: P301 301:5)

[BEW-S15] Schriftenreihe des Bundesamtes für Energiewirtschaft, Studie Nr. 15: Sonnenenergie für die Erzeugung industrieller Prozesswärme. Ausgearbeitet durch: Georg Fischer Aktiengesellschaft, Schaffhausen, zu Handen der Eidg. Fachkommission für die Nutzung der Sonnenenergie (KNS), 1981. (Bezugsquelle: Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, 3000 Bern, Best.-Nr 805.715d)

[BRUNNER-NFP44] C.U. Brunner et al.: Verminderung des elektrischen Energieverbrauches in Gebäuden. Schweizerischer Nationalfond zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung. Nationales Forschungsprogramm «Energie». Sozio-ökonomische Forschung im Konsumbereich NFK 44. Projekt Nr. 4.817-0.85.44. Schlussbericht der Untersuchungsperiode 1.8.85 bis 31.7.86. Zürich, 31. Juli 1986.

[EGES-S2] Expertengruppe Energieszenarien (EGES), Schriftenreihe Nr. 2: Der Energieverbrauch in den Industriezweigen Chemie, Metall und Maschinen. Planconsult, Basel; Delta Energie, Schaffhausen; Arena, Zürich. Eidg. Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement, Bern, 1987. (Bezugsquelle: Eidg. Drucksachen und Materialzentrale, 3000 Bern, Best.-Nr 805.802d)

[EGES-A9] Expertengruppe Energieszenarien (EGES), Arbeitsdokument Nr. 9: das energetische Sparpotential in der schweizerischen Chemischen Industrie. Delat Energie,

Schaffhausen. Eidg. Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement, Bern, September 1987. (Bezugsquelle: Eidg. Drucksachen und Materialzentrale, 3000 Bern, Best.-Nr 805.409)

[EGES-ZUS] Expertengruppe Energieszenarien (EGES): Energieszenarien. Möglichkeiten, Voraussetzungen und Konsequenzen eines Ausstieges der Schweiz aus der Kernenergie. Zusammenfassung. 3. Aufl. Eidg. Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement, Bern, Februar 1988, (Bezugsquelle: Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, 3000 Bern, Best.Nr 805.841 d)

[EKV] Energieverbrauch in der schweizerischen Industrie im Jahre 1985. Schweizerischer Energiekonsumenten-Verband von Industrie und Wirtschaft (EKV), Bäumleingasse 22, 4001 Basel; Dezember 1989.

[ENERGIE-RAT] Rationelle Energieverwendung im Industriebetrieb. Technisch-organisatorische, ökonomische und ökologische Grundlagen unternehmerischer Energiepolitik, Herbert Nosko, Reihe Technical Economics, Band 16; Erich Schmidt Verlag, 1986. (ETH-Bibl. Nr. P 918910:16)

[ENERPOL-B4] Untersuchung über energiesparende Massnahmen in der wärmeintensiven Industrie, Energiepolitische Schriftenreihe, Band 4. Herausgegeben vom Bundesministerium für Handel, Gewerbe und Industrie in Wien. Springer-Verlag, 1983.(ETH-Bibl. Nr. P 301076:4)

[GES-89] Schweizerische Gesamtenergiestatistik 1989, Publiziert in Bulletin SEV/VSE 81 (Nr 12, 1990) des Schweizerische Elektrotechnischen Vereins.

[INFOENERGIE-WRG] Abwärmennutzung in Industrie und Gewerbe. Infoenergie, 5200 Brugg. Sammelordner mit technischem Vorspann und ausgeführten Beispielen.

[INGWERSEN] Mehrfachnutzung industrieller Prozesswärme, Herausgeber: H.H. Ingwersen. ReschVerlag 1986. (ETH-Bibl. Nr. 420717)

[PRESANZ] Elektrosparstudien. 16 Energieberater analysieren 22 öffentliche Gebäude. Auswertung durch Büro C.U. Brunner. Ausgearbeitet im Auftrag von Kanton Basel-Landschaft, Amt für Umweltschutz und Energie und der Stadt Zürich, Hochbauinspektorat PRESANZ, November 1988.

[SEV/VSE] Schweizerische Gesamtenergiestatistik 1989. Bulletin SEV/VSE Nr. 12/90.

[SPRENG-86] Energiesparpotentiale in Industriebauten, technische und wirtschaftliche Faktoren untersucht am Beispiel von Aluminium-Presswerken. Nationales Forschungsprogramm 44, Zürich 1985. (ETH-Bibl. Nr. 420 786)

[SPRENG-87] Energiebedarf der Informationsgesellschaft. Daniel Spreng / Werner Hediger, Nationales Forschungsprogramm 44, Zürich 1987; Verlag der Fachvereine Zürich. (ETH-Bibl. Nr. 307 720 ex. A)

[STATUS-85] Rationelle Energieverwendung in der Industrie, Statusbericht 1985. Bundesministerium für Forschung und Technologie, Resch-Vedag 1985. (ETH-Bibl. Nr. 421200)

[STATUS-88] Rationelle Energieverwendung in der Industrie, Statusbericht 1988. Bundesministerium für Forschung und Technologie, Krammer-Verlag 1988. (ETH-Bibl. Nr. 308381)

[SWKI-89-1] Wärmerückgewinnung in lufttechnischen Anlagen, Richtlinie 89-1, Schweizer Norm, Schweizerischer Verein von Wärme- und Klima-Ingenieuren (SWKI).

[VDI-2071] Wärmerückgewinnung in Raumluftechnischen Anlagen, VDI 2071, Blatt 1 , Dezember 1981 , Beuth Verlag, GmbH, Berlin und Köln.

[WRG-IPHT] Wärmerückgewinnung in Lüftungs- und Klimaanlage (Spezialveranstaltung), Impulsprogramm Haustechnik des Bundesamtes für Konjunkturfagen, 1987. (Form. 724.709 d)

[WRG-JAHRB-89] Jahrbuch der Wärmerückgewinnung, 6. Auflage, WRG- und WP-Anwendung in Hochbau Gewerbe und Industrie, Vulkan-Verlag Essen, 1989.

[WRG-KENN] Kennzahlen zur Beurteilung von Wärmerückgewinnungsanlagen, B. Gräff und B. Schultiz, Jahrbuch der Wärmerückgewinnung, 6. Ausgabe 1989, Vulkan-Verlag Essen.

Neu ab Mai 1992

Das RAVEL-Handbuch Strom rationell nutzen

**Umfassendes Grundlagenwissen und praktischer Leitfaden
zur rationellen Verwendung von Elektrizität**

Das RAVEL-Handbuch ist die zur Zeit aktuellste und umfassendste Zusammenfassung des verfügbaren Wissens über den intelligenten Einsatz von Strom in praktisch allen Anwendungsbereichen. Über 40 Autoren zeigen in diesem Nachschlagewerk auf, wo und wie Strom intelligent genutzt werden kann. Die Erkenntnisse, Anregungen und Empfehlungen sind übersichtlich nach den einzelnen Anwendungsbereichen geordnet. Wer Strom rationell einsetzen will, findet klare Antworten auf Fragen wie: Was ist zu berücksichtigen bei der Planung oder Nutzung eines Gebäudes, einer Maschine, einer Installation usw.? Wo liegen die Stromsparmöglichkeiten? Welche Lösungen gibt es bereits? Das RAVEL-Handbuch enthält eine Fülle von Checklisten, mit denen neue stromsparende Lösungen einfacher und sicherer geplant oder bestehende Lösungen auf ihre Stromverbrauchs-Intelligenz beurteilt werden können. Seine Vielseitigkeit erleichtert eine vernetzte Zusammenarbeit der einzelnen Berufsdisziplinen in den Bereichen Gestaltung, Planung, Entwicklung, Konstruktion, Fertigung, Nutzung, Investitionsbeurteilung und Energieberatung.

Umfang ca. 300 Seiten, zahlreiche Tabellen und grafische Darstellungen, Format 16 x 24 cm, gebunden, ca. Fr. 75.—

ISBN 3-7281-1880-3

Ab Mitte Mai im Buchhandel
Vorbestellungen sind möglich beim
vdf, Verlag der Fachvereine, ETH,
8092 Zürich, Fax 01 252 34 03

Die Impulsprogramme des Bundesamtes für Konjunkturfragen

Impulsprogramme sind auf 6 Jahre befristete Massnahmen zur Vermittlung von neuem Wissen in die berufliche Praxis. Ansatzpunkte sind zielgruppengerechte Information, Aus- und Weiterbildung. Die Vorbereitung und Durchführung erfolgt in enger Kooperation von Wirtschaft, Bildungsinstitutionen und Bund.

Die drei Impulsprogramme 1990–1995



IP BAU

IP BAU – Erhaltung und Erneuerung

Im Baubereich zeichnet sich ein grosser Erneuerungsdruck ab, der sich in den kommenden Jahren noch verstärken wird. Sollen die Funktionsfähigkeit des Baubestandes im Hoch- und Tiefbau und die Zukunftstauglichkeit der Siedlungsstrukturen weiterhin gewährleistet bleiben, sind erhöhte Anstrengungen zur Erneuerung erforderlich. Es geht um die Erhaltung bedeutender volkswirtschaftlicher Werte. Voraussetzung bilden entsprechende technische und planerische Kenntnisse sowie Rahmenbedingungen. Beides fehlt heute weitgehend. Das IP Bau vermittelt hier wesentliche Anstösse.



RAVEL

RAVEL – Rationelle Verwendung von Elektrizität

Forschungs- und Untersuchungsprojekte des Impulsprogrammes RAVEL über den Stromverbrauch in Industrie, Dienstleistung und Haushalt zeigen: Elektrische Energie wird heute oft nicht oder zu wenig intelligent genutzt. D. h. dieselbe Leistung könnte mit einem Bruchteil des bisherigen Stromverbrauches erzielt werden und das wirtschaftlich, ohne Komforteinbusse. Zudem werden mit Strom zum Teil Leistungen erzeugt, für die sich kein Bedürfnis nachweisen lässt. Wird der heute nicht intelligent genutzte Strom frei, erhält unsere Volkswirtschaft neue Spielräume. Damit diese Chance genutzt werden kann, müssen die RAVEL-Erkenntnisse in der Praxis wirksam werden. Dazu werden sie von Fachleuten in sofort anwendbares, praxisgerechtes Wissen aufgearbeitet und in Weiterbildungskursen, Informationsveranstaltungen und Publikationen an die Praxis vermittelt.



PACER

PACER – Erneuerbare Energien

Der mögliche Beitrag der erneuerbaren Energien zur Deckung des Energiebedarfs wird von Experten als nicht vernachlässigbar beurteilt. Zurzeit ist er allerdings noch bescheiden. Gegenstand bilden ausgereifte Techniken nahe der betriebswirtschaftlichen Wirtschaftlichkeitsschwelle, wie passive und aktive Sonnenenergienutzung für Wärmeerzeugung, Biomasse, solare Stromerzeugung. Es werden insbesondere Planungshilfen für Architekten, Ingenieure und Installateure sowie Entscheidungsgrundlagen für Bauherren vermittelt. Zu letzteren gehört auch ein Beurteilungssystem für Energiekonzepte und -anlagen unter Berücksichtigung der Umweltkosten, das in Zusammenarbeit mit Vertretern der verschiedenen Energieträger erarbeitet werden soll.